RAGGI CATODICI

E

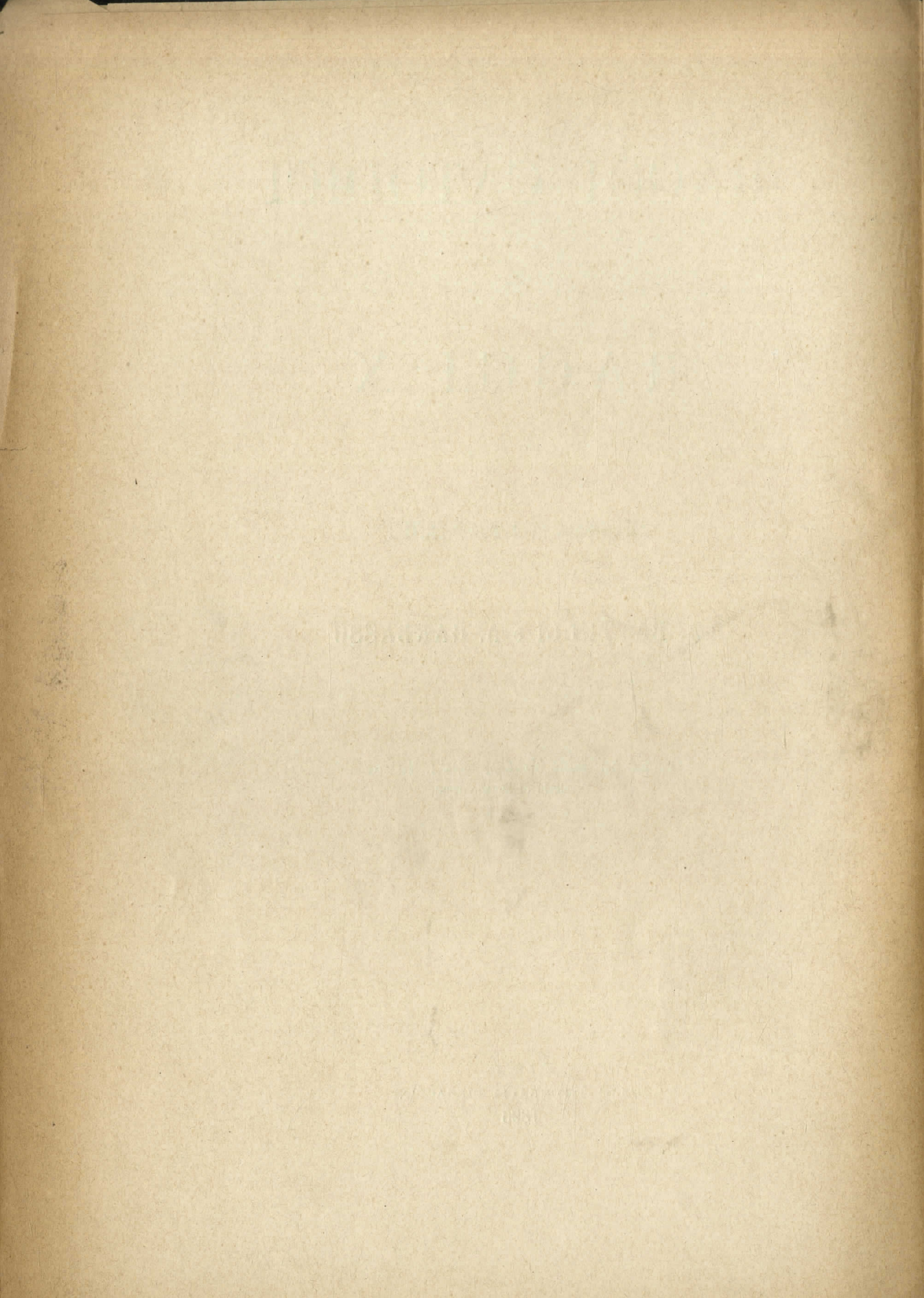
RAGGI X

ESPERIENZE ED APPUNTI CRITICI

DI

A. BATTELLI e A. GARBASSO

Estratto dal *Nuovo Cimento*, Serie 4. Vol. III.
Fascicolo di Maggio 1896

PISA
DALLA TIPOGRAFIA PIERACCINI
1896

RAGGI CATODICI E RAGGI X.

Esperienze ed appunti critici,

di A. BATTELLI *e* A. GARBASSO.

1. Il signor W. K. Röntgen, pubblicando, quattro mesi or sono, il suo bel lavoro sopra i raggi X, credette di dover affermare che la nuova specie di radiazione nulla aveva di comune con le altre, già note sotto i nomi di raggi catodici e di luce ultravioletta.

Dichiarò anzi di essere inclinato a pensare che si trattasse bensì di un processo nell' etere, ma di natura affatto particolare, probabilmente di vibrazioni longitudinali [1]).

Ora si è raccolta, in così breve tempo, una grande massa di materiali sopra i raggi del Röntgen, sicchè pare si possa già dire qualche cosa, con maggiore sicurezza, sulla loro natura.

Intanto è degno di nota, dal punto di vista critico, che l' ipotesi messa innanzi dallo scopritore è precisamente quella che ha raccolto il minor numero di aderenti.

Le opinioni invece si dividono fra le due ipotesi, che il Röntgen ha rigettato; e l' una e l' altra di queste è sostenuta con grande convinzione [2]).

È nostra intenzione di recare col presente lavoro un contributo alla soluzione di questo interessante problema.

Crediamo anzitutto opportuno di precisare su quale punto abbiamo fatto convergere le nostre ricerche.

1) W. K. Röntgen. Eine neue Art von Strahlen. Sitz. Ber. der Würzb. Phys. med. Ges. 1895, pag. 10 e seg. dell' estratto.

2) Basti citare, come esempio, la testimonianza del Michelson il quale scrive: " The distinction between the X-rays and the catode rays appears to be somewhat artificial, and it seems probable that the X-rays are only cathode rays sifted by the various media they have traversed "; (Amer. Journal, (4), I, 312, 1896), e quella del Goldhammer, che con pari sicurezza afferma tutti i fatti essere in armonia con l' ipotesi che: " die X-Strahlen seien gevöhnliche transversale Aetherschwingungen, deren Wellenlänge viel kleiner ist, als diejenige der uns bisher bekannten ultravioletten Strahlen " e altrove ammette che: " Es scheint unbestreitbar zu sein, dass die X-Strahlen keine Kathodenstrahlen sind ". (Wied. Ann. LVII, 635, 1896).

Propriamente, una volta scartata l'ipotesi delle oscillazioni longitudinali (e di questa non ci vogliamo occupare, almeno per ora) la quistione si può scindere in due.

Si può domandare in primo luogo se realmente vi sia fra raggi catodici e raggi X una differenza essenziale. Quando poi a questa domanda si dovesse rispondere negativamente, rimarrebbe sempre aperta la discussione sulla natura dei raggi catodici. Come si sa, anche su questo argomento i pareri sono molti e discordi.

Ora è la soluzione del primo quesito che noi intendiamo di affrontare.

2. Veramente ognuno che, conoscendo le scoperte del Röntgen e dei suoi continuatori, si faccia a rileggere la mirabile memoria del Lenard sopra i raggi catodici [1]), non può a meno di formarsi un' opinione conforme in tutti i punti a quella citata del Michelson.

Chè i fenomeni di fluorescenza [2]), e la propagazione rettilinea [3]), e la trasparenza di corpi opachi per la luce [4]), e l'azione sulle lastre sensibili [5]), e persino la fotografia attraverso a una lamina d'alluminio [6]), ogni cosa si trova già nel lavoro del Lenard.

Questi era andato anzi più avanti del Röntgen stesso perchè gli era riuscito di produrre con quelli che egli chiamava raggi catodici, la dispersione delle cariche elettrostatiche [7]), fenomeno che fu poi ritrovato, per i raggi X, dal nostro Righi e da altri.

Una così grande copia di proprietà comuni ai raggi catodici e a quelli del Röntgen sembrerebbe che dovesse bastare, per risolvere il dubbio nel senso indicato.

Pure al Röntgen e ad altri non è parso così.

1) P. Lenard. Ueber Kathodenstrahlen in Gasen von atmosphärischem Druck, ecc Wied. Ann. LI, 225, 1894.

2) Lenard, l. c. pag. 229.

3) Lenard, l. c. pag. 246.

4) Lenard, l. c. pag. 232.

5) Lenard, l. c. pag. 237.

6) Lenard, l. c. pag. 239.

7) Lenard, l. c. pag. 240.

Si è dato come carattere distintivo fra le due radiazioni l'assenza della deformazione nel campo magnetico, pel caso dei raggi X.

Ma, anzitutto, si comprende bene che questa mancanza di effetto può essere dovuta all'insufficienza dei mezzi impiegati.

In secondo luogo si sa ora, per le esperienze del Lafay [1]), che la proprietà di deformarsi nel campo si può conferire artificialmente ai raggi del Röntgen, facendoli passare attraverso ad una sottile lamina elettrizzata.

Da ultimo si sa pure che raggi catodici non deformabili esistono nell'interno dei tubi di scarica e furono già da tempo descritti dal Goldstein [2]).

Che se, malgrado tutto questo, si vuol mantenere quel carattere come distintivo, ci sembra che il quesito proposto si possa ridurre ad un altro, domandando se i raggi catodici non deformabili, esistenti nell'interno del tubo, godano di tutte le proprietà dei raggi del Röntgen.

È vero che resterà sempre adito al dubbio che i raggi non deformabili, esistenti nel tubo, siano qualche cosa di diverso dai raggi non deformabili, che traversano la parete. Sarebbe un'opinione non assurda, ma, per quanto ci pare, poco verisimile. Gli altri raggi catodici escono infatti dal tubo, quando la parete ne è abbastanza sottile, con tutte le loro proprietà.

3. Uno di noi ha già pubblicato un'esperienza [3]) fatta appunto nell'ordine di idee al quale abbiamo accennato.

Si trattava di riconoscere se i raggi indeformabili, nell'interno del tubo, potessero esercitare, attraverso a diaframmi opachi per la luce, un'azione sopra le pellicole sensibili.

Per ciò si avvolse a rotolo una pellicola, e, ricopertala accuratamente con della carta nera spessa, la si introdusse in un tubo di scarica a sfera. Il rotolo era collocato in modo che i raggi catodici lo potessero colpire, quando si lasciavano pro-

1) C. R. CXXII, 713, 1896.

2) Verhandlungen d. physik. Gesell. zu Berlin. Sitzung vom 2 Februar 1894.

3) A. Battelli. Ricerche sulle azioni fotografiche nell'interno dei tubi di scarica, N. Cim. (4), III, 193, 1896.

pagare inalterati, e invece appena lo sfiorassero, quando si facevano deviare con un magnete.

Si trovò che, malgrado l' azione del magnete l' impressione fotografica riusciva sensibile.

Vuol dire che i raggi catodici non deviabili, dentro il tubo, agiscono sulle pellicole allo stesso modo che i raggi X all' esterno di esso.

4. Con un metodo perfettamente analogo a questo, ora ricordato, si possono studiare le altre proprietà più interessanti dei raggi X e dei raggi catodici.

La cosa riesce assai bene, per esempio, per il caso della dispersione delle cariche elettrostatiche.

L'apparecchio che s'impiegò è rappresentato nella figura.

A sinistra è una palla di vetro, nella quale, di fianco, è assicurato il dischetto di alluminio, C, che funziona da catodo.

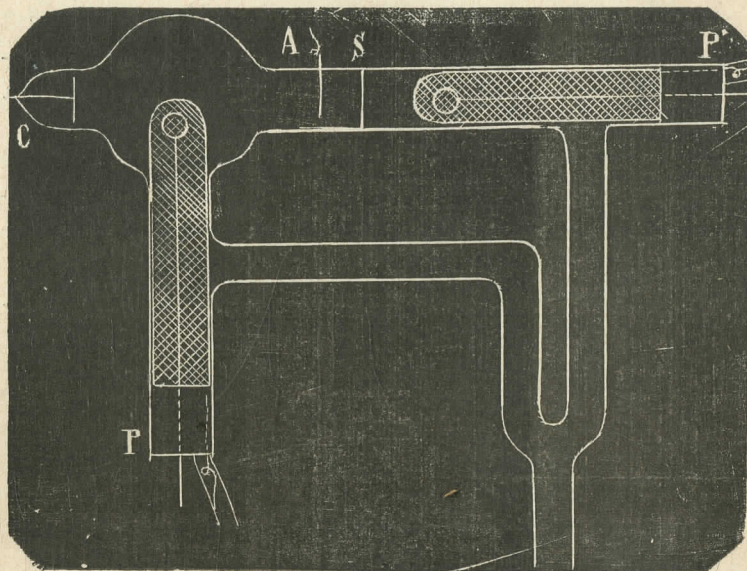
Dentro questa palla arriva pure il conduttore la cui carica si vuol far disperdere; una pallina d' ottone, difesa da una reticella metallica a maglie molto fitte.

La pallina è portata da un' asticina d' ottone, che passa per un tubo laterale; la reticella, per un filo sottile metallico, uscente per lo stesso tubo all' aperto, vien messa in comunicazione col suolo. Così la pallina resta difesa dalle azioni elettrostatiche propriamente dette.

La lunghezza dell' asta di ottone è tale che il punto più alto della pallina riesce, all' incirca, in faccia al centro del catodo.

Anche dalla palla, e ad angolo retto col primo tubo, ne parte un secondo, il quale reca nel suo interno una pallina, difesa da una reticella, esattamente come l' altra di cui si disse or ora.

Il tubo orizzontale è interrotto verso la metà da un setto di vetro, S; così, mentre gli ordinarii raggi catodici possono colpire il primo conduttore, penetrando per le maglie della rete metallica, al secondo non arrivano che i raggi del Röntgen. Si sa che l' azione dissipatrice dei raggi X varia molto

con la pressione del mezzo nel quale il conduttore, che si vuol studiare, è immerso. Perchè il comportamento delle due palline fosse rigorosamente paragonabile, si adottò il partito di fare il vuoto anche in quella parte dell' apparecchio dove penetrano, soli, i raggi del Röntgen.

A tale scopo un tubo di vetro metteva in relazione, come mostra la figura, le due regioni separate dal setto di vetro; un altro poi conduceva alla pompa. In A era l' anodo. Le chiusure in P e P' erano fatte con un mastice isolante.

Con questo apparecchio si possono eseguire diverse esperienze.

Si può anzitutto ottenere la dispersione coi raggi del Röntgen, in modo simile a quello che si impiega di solito; si può provocare lo stesso fenomeno coi raggi catodici ordinarii e finalmente si può, deviando questi ultimi raggi per mezzo di un magnete, studiare l' azione di quelli di essi, che non si deformano nel campo magnetico.

Approfittando di questo nostro apparecchio abbiamo voluto vedere, anzitutto, se la dispersione delle cariche elettrostatiche

si possa ottenere a rarefazioni non molto grandi e quindi con raggi catodici appena incipienti. Abbiamo trovato che accade veramente così.

In una prima serie di esperienze la rarefazione [1]) era così poco avanzata che nell' interno del tubo si poteva ancora osservare un bel fiocco di luce biancastra splendente, interrotta da sette od otto fascie oscure.

Nella prima colonna della tabellina sono riportati i numeri relativi al conduttore immerso nell' ambiente nel quale succede la scarica; nella seconda invece i numeri relativi all' altra pallina alla quale dovrebbero arrivare solamente i raggi X.

Si dava ai conduttori un potenziale di otto Volts, circa, con degli accumulatori. Ecco i risultati :

	I.	II.
1. non passa la scarica . . .	9″	—
passa „ . . .	3″	—
2. non passa „ . . .	9″	—
passa „ . . .	2″	—
3. non passa „ . . .	—	12″
passa „ . . .	—	12″
4. non passa „ . . .	—	12″
passa „ . . .	—	12″

La prima esperienza, per esempio, ci dice che mentre occorrono 9 secondi perchè il potenziale della pallina (interna) si riduca a zero quando non passa la scarica, bastano in quest' ultimo caso 3 secondi, a raggiungere il medesimo risultato.

I numeri della seconda colonna indicano che non passavano attraverso al setto quasi punti raggi di Röntgen. La cosa del resto si comprende bene, essendo così piccola la rarefazione.

Dopo quest' esperienza si continuò a far agire la pompa; e dopo qualche tempo si ripresero le osservazioni. Comincia-

1) Si impiegò sempre una pompa di Sprengel a tre cadute.

vano a svilupparsi nettamente i raggi catodici e la scarica era parzialmente deviata dal magnete.

Riferiamo un' esperienza sola fra le parecchie, tutte concordanti, fatte a questa rarefazione.

non passa la scarica . . . . 12''
passa la scarica . . . . 3''
» » e si deviano i raggi. 4''.

Sembra che se ne possa conchiudere che una buona parte dei raggi attivi non si deforma per nulla nel campo magnetico.

Anche in queste condizioni la seconda pallina non risentiva effetti sensibili.

Daccapo si fece agire la pompa e si ridusse ancora la rarefazione. I raggi catodici erano ormai nettamente spiegati e il vetro dell' apparecchio nei punti colpiti diveniva fluorescente.

Quì la dispersione della carica avveniva (per la pallina interna) con grande rapidità; si può dire anzi che l' elettrometro cascava istantaneamente al potenziale zero.

Per esempio, in alcune esperienze, erano necessarii dodici o quattordici secondi per scaricare il conduttore interno, quando il rocchetto non era in azione. Eccitando quest' ultimo l' elettrometro si riduceva al riposo in meno di un secondo.

Ora, facendo agire il magnete, si trovò che, a questo grado di rarefazione, i raggi non deviabili sono già in tanta copia che non v' è quasi diminuzione nella rapidità della dispersione dentro un campo magnetico, anche molto intenso.

E la scarica, a giudicare dalla posizione della macchia fluorescente sul vetro, *appariva* fortemente deviata.

Era affatto indifferente poi che la deviazione avvenisse nel pallone o già nel tubo che contiene il catodo, verso l'alto, o verso il basso, o di fianco.

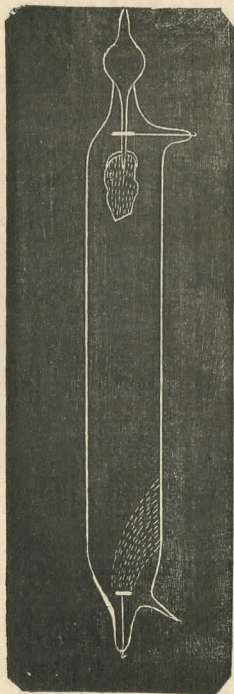
A questo punto la pallina esterna cominciava a sentire, benchè debolmente, l' azione dei raggi del Röntgen.

Riassumendo, il modo di comportarsi dei tubi di scarica rispetto alla dispersione delle cariche elettrostatiche di conduttori posti nell' interno è il seguente.

Da principio, finchè il tubo ha l' aspetto dei tubi ordinarii

di Geissler, si ha dispersione ma non molto rapida. Si ottengono effetti sempre più marcati col crescere della rarefazione. Quando cominciano a svolgersi i raggi catodici, e si può avere qualche azione dal magnete, la dispersione si fa già molto rapidamente. Il magnete la rallenta alquanto. Vale a dire i raggi deviabili hanno ancora una parte notevole nella produzione del fenomeno.

Più innanzi il magnete ha, apparentemente, per ciò che riguarda i fenomeni di luminescenza, un effetto molto grande; per ciò che riguarda il fatto della dispersione non ne ha quasi punto. Vuol dire che i raggi non deformabili sono già in tanta copia che la loro azione è grande in confronto di quella esercitata dai raggi che deviano nel campo magnetico.

All' esterno non si hanno effetti sensibili fino all' ultimo stadio; in questo cominciano a manifestarsi i raggi del Röntgen.

5. Si è detto nel paragrafo precedente che i raggi, che meglio si deformano, eccitano la fluorescenza del vetro in modo incomparabilmente più intenso di quegli altri, che invece non si lasciano deformare.

Però anche questi possono dare degli effetti di luminescenza.

È necessario, per poterli osservare, di impiegare delle sostanze fortemente fluorescenti e di spingere molto avanti la rarefazione e l' intensità della scarica.

I tubi lunghi e sottili come quello rappresentato nella figura servono assai bene allo scopo.

Conviene scegliere una sostanza, che per fluorescenza, abbia un colore molto diverso da quello che presenta alla luce ordinaria; questo per evitare dei possibili abbagli.

Noi si prese del corallo calcinato, che è biancastro di colo-

re e nei tubi di scarica mostra qua e là delle chiazze cerulee o rosate molto luminose.

Il magnete era collocato con l'asse normale a quello del tubo e assai vicino al catodo, in modo che la macchia fluorescente si producesse sul vetro dell' apparecchio, molto lontana dal blocco di corallo, appunto come si vede nella figura.

Si trovò che, quando il vuoto era spinto a tale punto che le luminosità diffuse erano scomparse totalmente, dentro il tubo, rimaneva pure sempre visibile una leggerissima luminescenza del corallo, malgrado l' azione di un magnete molto potente.

Vuol dire che i raggi non deformabili sono pure capaci di produrre fenomeni di luminescenza, benchè assai meno degli altri raggi catodici.

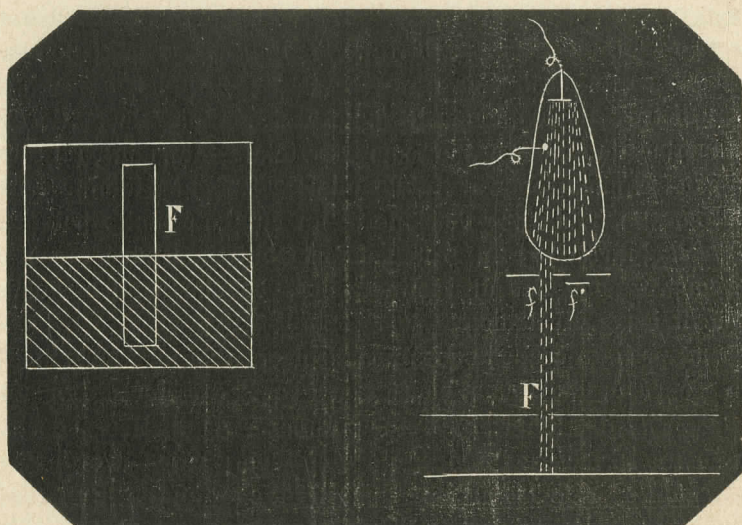
È provato così che questi particolari raggi, che godono della proprietà, che si vuol considerare come caratteristica per la radiazione del Röntgen, hanno poi una serie di altre proprietà a comune coi raggi X appunto e coi raggi catodici ordinarii.

Non sembra logico di ammettere che questa radiazione studiata da noi sia qualche cosa di essenzialmente diverso dalla radiazione catodica, con la quale ha comune le condizioni d'origine e parecchie caratteristiche; e nemmeno ci pare che si possa sostenere essere diversi questi raggi indeformabili dai raggi del Röntgen; in realtà mancano affatto caratteri per differenziarli.

La conclusione più naturale sembra dunque essere questa, che radiazione catodica e radiazione del Röntgen non differiscano fra loro per caratteri più essenziali di quelli che permettono, per esempio, di distinguere due fiamme di diverso colore.

6. Questo modo di concepire le cose non è punto contraddetto dal fatto del diverso comportamento nel campo magnetico, come non lo sarebbe dalla constatazione di altre differenze accidentali fra raggi catodici e raggi del Röntgen.

Differenze di questo genere, in realtà esistono. Si sa bene che due raggi catodici propagantisi, nella medesima direzione si respingono; ora noi abbiamo trovato che fra due raggi di Röntgen non vi è repulsione, almeno nei limiti d'esattezza delle nostre esperienze.

La disposizione che si impiegò è rappresentata nella figura e, del resto, è facile da immaginare.

Davanti alla base di un tubo di Crookes, a pera, sta una lastra di piombo spessa, dentro la quale sono tagliate due fenditure, *ff'*, parallele, lunghe due centimetri, larghe un millimetro e distanti fra loro di un centimetro all' incirca.

In un' altra lastra di piombo, parallela alla prima, alla distanza di 10 cm., è intagliata una terza fenditura, F, larga 5 mm. e lunga parecchi centimetri.

Questa fenditura è parallela alle altre due, ed è posta in modo che la sua linea mediana si trovi esattamente di fronte ad una (*f*) delle fessure della prima lastra.

Finalmente, a cinque cm. dopo il secondo schermo, sta la pellicola sensibile, dentro la sua scatola.

L' esperienza si fa in due tempi.

Si copre anzitutto la fenditura *f'* con un pezzo di piombo e si copre pure metà della fenditura *f* (come mostra la figurina di sinistra). E si fa agire il Crookes per un minuto.

Quindi si scopre la *f'*, e si lascia libera l' altra metà della *f*. E si fa agire, anche per un minuto, il tubo di scarica.

Sviluppando la pellicola si trovò sempre, senza eccezione, un tratto rettilineo perfettamente continuo.

Se v'è repulsione è dunque assai più piccola di quella, sensibilissima, che si può osservare fra due raggi catodici.

7. Si è detto più su che queste differenze fra raggi catodici e raggi di Röntgen non infirmano per nulla la probabilità che la loro natura sia identica.

Le varie teorie, che furono proposte per spiegare le proprietà dei raggi di Röntgen e dei raggi catodici rendono, nella maggior parte dei casi, gli stessi servizi, sicchè è difficile decidere quale di esse si avvicini meglio alla realtà.

Vuol dire che, almeno per ora, è indifferente adottarne una piuttosto che un' altra.

Se, per fare un esempio, si vuol tenersi all' ipotesi della materia radiante, si intende molto facilmente come si possano differenziare le varie specie dei raggi catodici.

Si sa che, secondo la teoria, la deformazione, in un campo magnetico dato, è tanto più piccola quanto è maggiore la velocità e minore la carica delle particelle elettrizzate.

I raggi di Röntgen e quegli altri raggi non deformabili, studiati da noi, potrebbero dunque immaginarsi costituiti da particelle estremamente veloci o poco elettrizzate.

In un caso e nell'altro seguirebbe che la repulsione fra due raggi di questa natura dovrebbe essere minore di quella che s'esercita fra due raggi ordinarii.

Raggi X e raggi catodici non deformabili possono essere, come si avvertiva da principio, una medesima cosa, ma potrebbero anche differire. Le considerazioni precedenti indicano in che senso, potrebbe darsi p. e. che i raggi del Röntgen fossero raggi catodici diselettrizzati e i raggi non deformabili esistenti nel tubo fossero raggi catodici molto veloci.

Ci sembra molto difficile di fissare ora il grado di probabilità di queste ipotesi, ma ci sembra anche difficile non ammettere che gli uni e gli altri siano raggi catodici.

Laboratorio di Fisica della R. Università di Pisa,
Maggio 1896.